



**INFORME PERICIAL D.B. N° 294- 2025.**

CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES, 14 DE JUNIO DEL AÑO 2025.

**COMISARIO MARIANA I. BRUNI**  
**JEFE DIVISIÓN BALÍSTICA**  
**POLICÍA DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES**  
S...../.....D.

Quienes suscriben, **Principal LP 841 Diego E. CANÁS**, Licenciado en Criminalística IUPFA, **Auxiliar Nivel "E" LP. 12.781 Alejandro L. LOMBARDI**, Perito en Balística IUPFA y **Auxiliar LP. 13080 Matías F. LEUZZI**, Perito en Balística IUPFA, pertenecientes a la División a su cargo, se dirigen a Usted con el fin de elevar los resultados obtenidos de la labor pericial encomendada, en relación con la **causa N° CFP 1.039/25** caratulada **"GUERRERO HECTOR S/ AVERIGUACIÓN DE DELITO"** con intervención del **Juzgado Nacional en lo Criminal y Correccional Federal N° 1 A/C Dra. María SERVINI**, Secretaria N° 1 **Dr. Agustín MIRAGAYA**.

**I OBJETO DE LA PERICIA:**

El presente informe de carácter pericial-balístico, tiene por objeto determinar:

- 1) *La trayectoria del proyectil que impactó en la cabeza de Pablo Grillo desde su origen hasta el punto de impacto.*
- 2) *La velocidad alcanzada por el proyectil en cuestión desde su origen hasta el punto de impacto.*
- 3) *La posición en la que se hallaba el arma al momento de efectuarse el disparo y el ángulo de salida del proyectil.*
- 4) *Si el proyectil impacto previo a herir a Grillo sobre otra superficie o no y en tal caso si aquella circunstancia le hizo perder o ganar velocidad – o desviarse-.*

- 5) *La ubicación de Pablo Grillo al momento de recibir el impacto del proyectil y de Héctor Guerrero en ocasión de efectuar el disparo.*
- 6) *Cualquier otro punto de pericia que pueda sugerir tal fuerza especializada.*  
*Además se hace saber que el peritaje en cuestión también deberá incluir –en caso de ser factible realizar ello- los siguientes puntos propuestos por la parte querellante:*
- 7) *Establecer la altura del supuesto tirador Héctor Jesús Guerrero. Para el siguiente punto pericial y en caso de ser necesario por el tipo de armamento utilizado, se deberán tomar las correspondientes medidas antropométricas a) estatura, b) peso, c/ envergadura: d) distancia del dedo medio de la mano izquierda al dedo medio de la mano derecha e) distancia de la axila derecha al dedo medio de la mano derecha f) distancia axila izquierda al dedo medio de la mano izquierda, g) altura desde el piso al hombro en posición de parado: h) altura desde el piso a la cadera en la posición de pardo; i) altura desde el piso en posición de disparo con rodilla al piso.*
- 8) *Establecer la posición del supuesto tirador Héctor Jesús Guerrero al momento del disparo.*
- 9) *Establecer la posición y altura de la víctima Pablo Grillo al momento del disparo.*
- 10) *Establecer posición, altura, dirección y ángulo (en ángulo hacia arriba, en ángulo hacia abajo, en ángulo hacia la derecha, en ángulo hacia la izquierda o paralelo al suelo) del cañón del arma, pistola Modelo Unic Tipo Lanza Gases Cal 38.1 mm serie 00660 al momento del disparo.*
- 11) *Dimensiones de la estructura que antecede a la víctima Pablo Grillo al momento del impacto según los registros fotográficos y filmicos al momento del hecho.*
- 12) *Alcance máximo de disparo del arma pistola Modelo Unic lanza gases cal 30,1 mm Serie 00660 secuestrada en autos con proyectiles de media y larga distancia conforme a las conclusiones vertidas en el punto diez.*
- 13) *Distancia de disparo entre la víctima Pablo Grillo y el supuesto tirador Héctor Jesús Guerrero y;*
- 14) *Si el choque del proyectil utilizado en la pistola lanza gases cal 38.1mm contra una estructura de iguales características a la que se encontraba en el lugar del hecho por delante de Pablo Grillo, le quita al proyectil energía cinética y en ese caso si esta pérdida de energía cinética le quita capacidad lesiva.*



## II ELEMENTOS OFRECIDOS PARA ESTUDIO:

A fin de poder realizar las pruebas tendientes a reproducir el disparo que hirió al Sr. Pablo Grillo en los acontecimientos de fecha 12/03/2025, esta División procedió a llevar a cabo la medida ordenada por el Juzgado que consistió en el allanamiento del Edificio Centinela el día 19 de junio del corriente año (cuya acta se adjunta con el presente informe). Como objetos de estudio, se aportaron; DOS (2) Lanza gases marca FM, con numeración "00660" y "00042" respectivamente, como así también DIEZ (10) cartuchos intactos calibre 38 mm candela "CN", con la inscripción "MEDIO ALCANCE (90) FM "FLB" INDUSTRIA ARGENTINA" Estos efectos fueron preservados bajo recaudos legales, permaneciendo en esta Dependencia a resguardo hasta la fecha en que se realizarán las tareas periciales.

Asimismo personal de esta División se hizo presente en el asiento del Juzgado Nacional Criminal y Correccional Federal N° 1, Secretaría N° 1 a fin de retirar en un disco extraíble conteniendo material documental, filmico y fotográfico relacionado con los acontecimientos acaecidos de fecha 12/03/25.

*(Ver fojas 18 y 19)*

## DE LOS FUNDAMENTOS TÉCNICOS y METODOLOGÍA

Balística exterior, es aquella que aplica sus herramientas basadas en la física y la matemática entre otras, para estudiar el comportamiento de los proyectiles, entendiéndose como proyectil a todo objeto que realice una trayectoria en el espacio / tiempo, incluyendo los disparados por distintos tipos de armas (de fuego, neumática, etc.).

Esta ciencia, se encarga de determinar las trayectorias, desviaciones y todo aquello que atañe al comportamiento de estos proyectiles durante su desplazamiento, hasta el momento en que se detienen, abarcando también la balística de efectos, valiéndose en algunos casos del auxilio de las ciencias médicas/forenses. Todo con el fin de resolver los interrogantes planteados sobre los efectos y el comportamiento de los distintos tipos de superficies que hubieran sufrido el impacto de un proyectil (vidrio, madera, plástico, mampostería, chapa, telas, etc.).

Estos estudios efectuados, nos permiten evaluar y valorar las reacciones y consecuencias, orientando al perito sobre el tipo de arma, el tipo de cartucho, la velocidad de impacto, el tipo de proyectil, las características del material, el ángulo de tiro, la distancia, etc., relacionados con un hecho en particular, arribando a conclusiones positivas o negativas.

**BALISTICA, DEFINICIÓN:** El término balística proviene del latín ballista, especie de catapultas, del griego bállein (arrojar), siglo XVII, arte de lanzar proyectiles. Ha sido definida como la ciencia que estudia el alcance y la dirección de los proyectiles, o del movimiento de ellos. Obviamente estamos en presencia de una rama de la física aplicada, que se ocupa del movimiento de los proyectiles en general. Los conceptos que se irán vertiendo estarán referidos a proyectiles procedentes de armas de fuego, aire o gas comprimido, o de acción neumática, ya que la acepción de la palabra balística tácitamente incluye cualquier otro elemento o cuerpo que pueda ser lanzado al aire o que caiga libremente por acción de la gravedad (flechas, piedras arrojadas manualmente o con honda, etcétera). Su estudio comienza con el proyectil (bala) en reposo dentro del arma, su movimiento dentro del cañón, salida al exterior y consiguiente recorrido por el aire, su impacto y los efectos de esta acción de incidencia en el blanco, hasta llegar nuevamente al estado de reposo del mencionado proyectil. Requiere, por lo tanto, cierto nivel de conocimiento de otras ciencias, tales como matemática, química, física y ramas de ésta. La balística se divide tres partes fundamentales, reiteradamente señaladas en diferentes textos específicos: una primera, llamada balística interior, que se ocupa del movimiento del proyectil dentro del arma y de todos los fenómenos que acontecen para que este movimiento se produzca y le lleve hasta su total salida por la boca de fuego; una segunda llamada balística exterior, claramente definida por su propio nombre, afectada principalmente por los rozamientos del proyectil con el aire y la acción de la fuerza de la gravedad sobre éste, y una tercera, llamada balística de efecto, cuyo nombre también es bastante significativo, a la que compete el estudio de la penetración, poder de detención, incendiario, etcétera.

**BALÍSTICA INTERIOR:** Un arma de fuego, sobre todo las semiautomáticas y automáticas, es una máquina o artefacto térmico, todas ellas se caracterizan por el hecho de que, a partir de la liberación de la energía concentrada, por la naturaleza o por medios artificiales, debidamente encauzada, es transformada en otra forma de energía capaz de realizar un trabajo.



**CONCEPTOS:** *Energía:* Es la capacidad de producir trabajo que posee un cuerpo o sistema de cuerpos.

*Trabajo:* Es una magnitud escalar que proviene del producto de la intensidad de la fuerza aplicada sobre un cuerpo y la distancia o camino recorrido por éste en la dirección de la fuerza. En todos los casos la transformación de una energía en otra es realizada con desprendimiento de calor, de allí lo que dijéramos de máquinas térmicas.

Circunscribiéndonos a lo específico, podríamos definir nuevamente un arma de fuego como un artificio mecánico, en el cual el calor liberado por la combustión de una carga propulsora que es transformada en energía cinética útil de un proyectil, siendo su función la de propulsar proyectiles hacia blancos específicos para producir efectos previstos. El rendimiento de los artificios térmicos es bajo; la relación entre la energía potencial disponible y la realmente recuperada nos suministra, en forma de porcentaje, cifras realmente bajas. Existen pérdidas debidas a la movilización de piezas, fricción entre las partes móviles, disipación térmica, etc., a las que no escapan, dentro de los principios de la termodinámica, las armas de fuego.

La llamada balística interior comienza en el momento en que el iniciador es activado (por percusión, electricidad, chispa, etc.) para comenzar la combustión de la carga de propulsión, hasta que el proyectil traspasa la boca del arma. A esta altura el proyectil debe haber adquirido la velocidad y el ángulo de inclinación o de partida correctos como para asegurar que su trayectoria lo llevará hasta el blanco elegido. En el caso de las escopetas, la masa de los perdigones o postas en su trayectoria dentro del cañón, se comportan, para la balística interior, como un solo proyectil sólido. Sintetizando podemos decir que esta parte de la balística estudia los distintos fenómenos físicos que se producen en el interior del arma al efectuarse el disparo, tales como: ignición de la mezcla fulminante; deflagración ejercida por la pólvora o de la carga de propulsión y la presión producida por esta, entallado del proyectil en el estriado del arma; velocidad del proyectil en el interior del cañón; giro del proyectil alrededor de su eje, impuesto por el rayado; resistencia de cada una de las partes constitutivas del arma; elevación de la boca del arma a la salida del proyectil; erosión del tubo por efecto de los gases de combustión; desgaste del tubo por efecto del rozamiento del proyectil;

retroceso del arma, y vibración del arma. Evidentemente, nos hemos referido a todos los fenómenos vinculados con el impulso que recibe el proyectil y que lo hacen mover hacia adelante. Este obtiene toda su energía de propulsión dentro del arma, durante la muy pequeña fracción de segundos en que recorre el ánima, hasta trasponer la boca, y es aquí donde obtiene su velocidad máxima. A esta altura cabe hacer una diferenciación entre los proyectiles de vuelo libre que estamos estudiando y los autopropulsados. Estos últimos llevan su carga de propulsión en su propio cuerpo; en este punto adquieren su máxima velocidad, y a partir de aquí mantienen constante su forma y peso y se los trata como proyectiles de vuelo libre, sujetos sólo a las acciones de la fuerza de la gravedad y de la resistencia que el aire ejerce a su avance.

La velocidad de un proyectil, dentro de ciertos límites, depende de la longitud del cañón del arma. Para una combinación de pólvora y balas dadas, existe una relación entre velocidad y longitud del cañón, que es aproximada y está indicada de la siguiente manera: La velocidad inicial guarda una interrelación aproximada con la raíz cuarta de la longitud del cañón. En relación con las estrías del cañón podemos decir que tienen como única misión dotar al proyectil de un giro sobre su propio eje, produciendo un efecto giroscópico que lo estabiliza durante su trayectoria. En las armas largas el número de estrías modernamente suele ser de cuatro y en las cortas de seis, y la forma con las aristas vivas o romas. El paso de hélice está calculado dependiendo de la longitud del cañón y velocidad inicial del proyectil. En las armas cortas, al ser mucho menor la longitud del cañón, el paso de hélice de las estrías es mayor. Las armas de aire comprimido o de acción neumática también poseen sus pequeñas estrías, aunque en los primeros modelos los cañones eran lisos.

**BALÍSTICA EXTERIOR:** La velocidad de un proyectil, tanto la inicial como la remanente, es una de las cualidades más importantes del binomio arma-cartucho, entendiéndose por velocidad inicial ( $V_0$ ) la que el proyectil lleva en el momento de salir por el cañón; ésta se mide en el número de metros que el mismo recorrería en un segundo si conservase dicha velocidad. Remanente es la que tiene en cualquier punto de su recorrido.

La balística exterior o externa se inicia en el momento que el proyectil abandona la boca del arma rotando sobre su eje para una mayor estabilización y consiguiente precisión, generalmente por encima de las cien mil revoluciones por minuto. Pero tan pronto como dicho



elemento abandona el cañón se encuentra sometido a las fuerzas de resistencia del aire y de atracción de la gravedad. La resistencia del aire le hace perder constantemente parte de su velocidad, reduciendo su alcance, de modo que en tiempos iguales recorre cada vez distancias más pequeñas. La fuerza de gravedad, por su parte, solicita al proyectil hacia el suelo. Esta última fuerza actúa de modo que el descenso del elemento hacia el suelo es más rápido a cada momento, siguiendo la ley de la caída libre de los cuerpos. La combinación de estas tres fuerzas da lugar a que la trayectoria en el aire no sea recta ni circular, sino una curva parabólica. Como la acción de cada una de las tres fuerzas citadas es independiente de las otras dos, se entiende claramente que cuanto mayor sea la fuerza de proyección que adquiera y conserve el proyectil, más distancia habrá recorrido antes de caer al suelo; por tanto, la velocidad favorece el alcance. Otro factor que ayuda al alcance, hasta ciertos límites, es la inclinación del arma (45 grados es el ángulo óptimo), puesto que a mayor ángulo mayor será la altura a la que se envíe el proyectil y, por tanto, más tiempo tardará en llegar al suelo, tiempo en el que, evidentemente, no está dejando de avanzar. En este momento, el proyectil ya se encuentra volando a la máxima velocidad inicial posible gracias a los fenómenos ocurridos en tiempo de balística interior.

La aplicación del conocimiento de dos conceptos muy relacionados entre sí, que son: densidad seccional y coeficiente balístico, entre otros, puede arrojar algo de luz para poder entender mejor la Balística Exterior.

**a) Densidad seccional.**

Si consideramos dos proyectiles cilíndricos del mismo diámetro y longitud, uno hecho enteramente de madera y el otro de plomo, y los disparamos a la misma velocidad, no nos cabe la menor duda de que el de plomo iría mucho más lejos e impactaría más fuerte que el de madera. Pues bien, puesto que sus dimensiones son iguales, sus velocidades iniciales también y la resistencia del aire es común a ambos, tenemos que lo único que los hace comportar de forma diferente es la densidad del material con que están hechos. Diremos, pues, que el proyectil de plomo tiene mayor densidad seccional que el de madera. Sabemos que la densidad del plomo (cociente entre la masa y el volumen del material) es muy superior a la de la madera (11,4 y 0,7, respectivamente), lo cual explica en parte lo dicho; pero, si tomamos dos proyectiles cilíndricos del mismo diámetro y ambos de plomo, con la única diferencia de que uno es más largo que el otro, digamos el doble y los disparásemos a la misma velocidad,

tampoco nos cabe duda de que el más largo iría más lejos y golpearía más fuerte que el corto. La razón única es que el más largo tiene mayor densidad seccional que el corto, y esta mayor densidad seccional nos viene a decir que proyectiles de la misma forma, pero con más peso en relación con su diámetro, retienen mejor y por más tiempo su velocidad y su energía. Puede darse el caso de que proyectiles de distintos diámetros y longitudes tengan la misma densidad seccional.

**b) Coeficiente balístico.**

Sin necesidad de recurrir a ningún ejemplo práctico, comprendemos perfectamente que cualquier cuerpo que se desplaza dentro de un fluido (y el aire lo es) avanzará más o menos rápidamente, o lo que es lo mismo, será más o menos frenado por dicho fluido, dependiendo ello de la velocidad y de la forma dada al cuerpo en movimiento. Parece claro, pues, que entre un proyectil de igual diámetro y peso que otro (misma densidad seccional), pero con distinta forma en su punta, uno chata y el otro ojival, será el de la punta ojival el que tenga, a igualdad de velocidad inicial, mayor alcance y penetración. El mayor alcance es debido a una mayor facilidad de penetración en el aire. Pues bien, la forma dada al proyectil, unida a su densidad seccional, es lo que se llama coeficiente balístico, y está también definido por una cifra de tres dígitos que, al aumentar, aumenta dicho coeficiente y, por tanto, menor es la pérdida de velocidad del proyectil, lo que viene a significar, entre otras ventajas, una trayectoria más plana, una menor desviación por causa de la acción de vientos laterales, un llegar antes al blanco y una mayor energía retenida para ser usada y aprovechada en el momento del impacto.

**c) estampido de boca y de proyectil.**

Cuando se dispara un arma de fuego, ya sea automática o no, se distinguen dos clases de detonaciones: -el estampido de boca, originado por la expulsión violenta de los gases detrás del proyectil; -el estampido de proyectil, producido por el espesamiento del aire, llamado onda de cabeza, que se forma delante de éste durante su recorrido, cuando su velocidad es superior a la del sonido, problema éste que no se soluciona con el uso de los llamados atenuadores de sonido (silenciadores). El intervalo que existe entre uno y otro es tanto mayor cuanto más próximo se esté en la dirección del tiro. En el espacio detrás del arma, abarcando aproximadamente un ángulo de 45 grados a la derecha e izquierda del plano de tiro, se percibe una sola detonación, constituida por la suma de ambos estampidos (de boca y de proyectil);



por ello el tirador oye uno solo. El estampido de proyectil puede inducir a cometer errores en la apreciación de la distancia y, en especial, de la dirección desde donde se tira; esta última sólo puede ser apreciada por el estampido de boca.

**d) Influencias atmosféricas.**

Se entienden por tales las influencias que sobre el proyectil ejercen el peso del aire y el viento. El peso del aire depende de la presión atmosférica, de la temperatura y del coeficiente de humedad; es tanto menor cuanto más alta sea la ubicación del lugar y cuanto mayor sea la temperatura. En general, las graduaciones de las alzas (en armas de muy buena calidad), correspondiente a la altura del nivel del mar, a una presión atmosférica de 750 mm de mercurio, a una temperatura de 15 grados centígrados y a un coeficiente de humedad del 50%, sin viento y a velocidades iniciales medias del proyectil. Sólo en estas condiciones se obtendrá un disparo de alza (cuando el punto apuntado coincide con la línea de puntería); un menor peso del aire aumenta el alcance del tiro y un peso mayor lo disminuye. Grandes variaciones de temperatura pueden influenciar considerablemente el alcance. La influencia del cambio de presión atmosférica se nota recién con grandes diferencias de altura, al igual que la incidencia del coeficiente de humedad, que se supone para todos los casos del 50% por ser también despreciables los efectos de sus variaciones. El viento de frente disminuye el alcance del tiro, mientras que el de atrás lo aumenta.

**e) Influencia de la luz del sol.**

Aunque parezca un detalle de poca importancia, no lo es cuando se trata de lograr un disparo de precisión, porque un guión muy iluminado desde arriba, debido al reflejo de la luz, parece más grande de lo que realmente es, por eso involuntariamente no se toma la cantidad necesaria de guión y, en consecuencia, el tiro es bajo y corto. Por el contrario, en tiempo nublado, o dentro de un bosque, con poca luz, fácilmente se toma una cantidad excesiva de guión, lo cual produce un tiro largo o alto. Si un costado del guión recibe más luz que el otro, el más iluminado parece más grande, ello induce al tirador a colocar en la ranura del alza no la cúspide del guión, sino la parte más iluminada de éste, lo que origina una desviación del tiro hacia el lado oscuro.

**g) Trayectoria del proyectil en el vacío y en el aire.**

El estudio de la trayectoria real que sigue un proyectil es un problema complejo, dado que como ya se ha dicho, son muchas las fuerzas que influyen en forma conjunta sobre el

mismo en su recorrido. Entre los factores mencionados, se encuentran la gravedad, la resistencia del aire, el viento, el movimiento del arma desde la cual es disparado el elemento y el giro de éste impartido por las estrías del cañón. Con el propósito de arribar a alguna de las ideas generales concernientes a la trayectoria, es necesario despreciar todos los factores indicados precedentemente, excepto la fuerza de gravedad. Así es posible demostrar el recorrido bajo condiciones ideales. La trayectoria que resulta de este procedimiento es conocida como trayectoria en vacío (camino recorrido por el proyectil si fuese disparado en un vacío real). La forma de este recorrido es parabólica. En general, el alcance de un proyectil se incrementa a medida que el ángulo del arma con la horizontal (elevación) crece hasta un cierto valor máximo. Si el ángulo que el arma forma con el horizonte supera este punto, que podríamos llamar ángulo "d", el alcance del proyectil decrecerá. La altitud máxima que alcanzará el proyectil por sobre la horizontal, se incrementará a medida que el ángulo de disparo sea mayor hasta que el arma esté apuntada directamente hacia arriba. Cuando el cañón del arma forme un ángulo de 90 grados con respecto a la horizontal, obtendremos la altitud máxima que puede alcanzar el elemento. Esta información carece de valor práctico, salvo que esté referida al tiro de artillería de largo alcance o al disparo antiaéreo. A fin de asegurar el máximo alcance, la trayectoria tendría que acusar un ángulo de partida de 45 grados respecto de la horizontal. En el vacío, si el proyectil parte con este valor, caerá formando otro ángulo de igual valor. La trayectoria en el aire es más corta que otra en el vacío, y decrece a medida que el calibre del arma disminuye. El alcance máximo de una bala de carabina, pistola o revólver, es de aproximadamente 1/7 del alcance máximo que podría ser calculado para la trayectoria en vacío. Es importante comprender que en la atmósfera la trayectoria no es simétrica como en el vacío. En el aire, la curva del recorrido del proyectil se hace más pronunciada en la rama descendente que en la ascendente. El vértice de la trayectoria se mueve así hacia el lado descendente del paso del elemento. Por otra parte, el ángulo de elevación sobre la horizontal, que resultará en el avance máximo en el aire, no es de 45 grados (como lo es en la trayectoria en vacío), sino de varios grados menos. Para las armas pequeñas, tales como revólveres y pistolas, el ángulo de elevación para el alcance máximo es aún menor. Hay diferencias enormes en el alcance entre la trayectoria real de un proyectil en el aire y la calculada en el vacío. Por esta razón, los expertos balísticos han pasado mucho tiempo tratando de mejorar la forma de las balas, para recuperar tanto como fuese posible, la eficiencia perdida de los proyectiles en el aire. Si la velocidad de un proyectil es pequeña, la resistencia del aire también lo es. Con incrementos de velocidad, sin embargo, la resistencia



del aire aumenta. Cuando la velocidad es de alrededor de 330 metros por segundo, la resistencia del aire comienza a elevarse en una medida mucho mayor. Es interesante observar que la velocidad a la cual la resistencia del aire crece de una manera significativamente más grande, es la misma que la velocidad del sonido en el aire. En el frío, la velocidad del sonido es más baja. Entre algunos científicos balísticos que tratan con balas de alta velocidad, es común referirse a estas velocidades en términos de relación entre la velocidad de la bala y la del sonido. Por ejemplo, si un proyectil se mueve a una velocidad de 660 metros por segundo a nivel del mar, se dice que tiene una velocidad de Mach. En otras palabras, la velocidad real de 660 m/s está dividida por 330 m/s (velocidad del sonido en el aire), para dar el valor 2. Este número Mach es denominado así debido a Ernst Mach, un físico conocido por su estudio acerca de la velocidad del sonido en diferentes tipos de materiales. Un proyectil que viaja más ligero que la velocidad del sonido, forma en el aire una onda de presión aguda o angulosa; esta onda es la que cuenta en la resistencia del aire que ofrecen las balas de alta velocidad. La base chata de la mayoría de las balas causa una turbulencia o estela a su paso. Esta turbulencia también produce resistencia. El movimiento del aire, tal como lo es el viento, que se mueve a través del recorrido de un proyectil, hará que este último se desvíe a izquierda o derecha. Esta fuerza de desvío no es la misma que la corriente de aire resultante del movimiento giratorio del proyectil en el aire.

**h) Estabilidad del proyectil.**

Si se disparara una antigua bala esférica con un arma o si se arrojara una pelota de béisbol, en ningún caso se modificaría la trayectoria si la esfera girara, ya que siempre presentará una superficie esférica al aire. Las balas modernas no son esféricas, sino alargadas, a fin de incrementar el coeficiente balístico. Si la bala alargada es para funcionar efectivamente, debe presentar siempre su punta aguda en la dirección que va el proyectil. Es solamente en este estado que la resistencia del aire y la retardación que produce puede mantenerse tan baja como sea posible. Consecuentemente, para asegurar estabilidad a las balas, se les da giro mediante el estriado. La resistencia del aire actúa para invertir al proyectil. Si el giro impartido es el adecuado, el mismo permanecerá en su curso con la punta siempre en la misma dirección; cabría decir entonces que la estabilidad siempre podría asegurarse dándole al elemento una vuelta violenta para que gire rápidamente. Sin embargo, la dificultad con este movimiento estriba en que, si el proyectil gira demasiado rápido, siempre apuntará en la misma dirección una vez que abandone la boca del cañón. A esta

situación se la denomina sobre estabilización. Un proyectil en esas condiciones tendría su nariz apuntando en la dirección apropiada sobre la rama ascendente de la trayectoria, pero cuando el pico o cima de la curva fuera alcanzado, la punta estaría hacia arriba, mientras el recorrido real se habría nivelado. De tal manera, durante la rama descendente del trayecto, la punta que gira rápidamente continuaría apuntando hacia arriba con un ángulo igual al de salida, aunque en realidad esté cayendo. En esta situación el aire estaría soplando de través sobre el proyectil y, por ende, acusaría una gran resistencia del medio gaseoso. Por las razones antedichas es importante darle a la bala sólo la velocidad de giro necesaria, ya que de esta manera su punta se mantendrá en la dirección del movimiento. Un exceso incrementará la resistencia del aire y un valor menor al apropiado también lo hará, dada la tendencia al bamboleo o tambaleo de un proyectil con escasa velocidad de giro.

**i) Comportamiento de los proyectiles para cartuchos de escopeta.**

El vuelo de los perdigones surge ante un disparo de cartucho para escopeta o pistolón por los mismos medios utilizados para impulsar una bala. Existen diferencias menores entre la balística de un arma de cañón estriado y la de otra de cañón liso. La velocidad inicial de una carga de perdigones es menor que la de un proyectil disparado con cañón de ánima estriada; además, dado que los primeros se desplazan en forma libre en el interior del arma, se requiere una presión menor para impulsarlos fuera de ella. Dadas estas bajas presiones las pólvoras propulsoras no queman bien, es por ello por lo que los cartuchos usualmente se llenan completamente y la pólvora se fabrica en forma de delgadas laminillas con espesores significativamente más pequeños que los granos de pólvora empleados en cartuchos de bala única. Los gases se expanden de tal manera que en la boca del arma la presión es muy baja. Consecuentemente, el destello en la boca es inexistente o muy pequeño. Los perdigones se fabrican en general de plomo considerablemente blando, causa por la cual distorsionan su aspecto esférico cuando golpean unos contra otros en el vuelo, o bien cuando rozan las paredes del caño en su interior. El resultado final será una dispersión significativa de la masa de perdigones, que se va incrementando con la distancia recorrida. A fin de mantener estos elementos y la pólvora en sus respectivos lugares dentro del cartucho, se utilizan tacos hechos de fieltro, papel o plástico, o combinación de ellos. Estos materiales son livianos y tienden a caer rápidamente para no interferir con el vuelo individual de los perdigones. A medida que la masa de esferas se aleja del caño, se distancian entre sí debido a que todas no poseen características balísticas idénticas. Por otra parte, los perdigones que componen la parte



frontal de la masa causan una perturbación que inhibirá el vuelo de aquellos que vienen detrás. El distanciamiento a que se ha hecho referencia es importante para asegurar precisión. Ordinariamente las escopetas se emplean a una distancia máxima de 90 metros, pero es conveniente hablar de 45 metros, ya que más allá de esta distancia su efectividad decrece.

**j) Desvío por movimiento giratorio.**

Existe una desviación lateral de la trayectoria de un proyectil respecto del plano de partida de este, causada por la rotación. Como resultado del desvío el trayecto horizontal del proyectil es curvo y no en línea recta. En distancias cortas esta desviación no es significativa con respecto a la precisión y en elementos disparados con pistolas o revólveres puede ser despreciada. En disparos efectuados en polígonos de larga distancia, la desviación puede tener alguna importancia. Hasta aquí se ha hecho referencia a factores interiores del cañón que afectan el desenvolvimiento de una bala disparada con un arma. Los factores externos también ejercen influencia sobre el vuelo desde el arma hasta el blanco. En ellos se incluyen la dirección y velocidad del viento, gravedad y desvío lateral. La gravedad es constante en toda la esfera terrestre, para todos los propósitos prácticos. Los aparatos de puntería están fabricados y ajustados para incluir correcciones de sus efectos. El desvío a que se ha hecho referencia es la tendencia de un proyectil a viajar hacia la derecha o izquierda, como resultado del giro que le produce el estriado del cañón del arma. Para las armas de puño este desvío no es un gran problema, ya que basta con ajustar los aparatos de puntería.

**k) Resistencia del aire.**

Los componentes del aire que actúan en dirección opuesta a la que se mueve el centro de gravedad de un proyectil, definen la resistencia de aquél. A medida que un proyectil se desplaza desde la boca del cañón hacia el blanco, el aire retarda su recorrido o tiende a retenerlo. Si dicho elemento se mueve a través de algún otro medio, tal como un metal o carne, ese medio actúa entonces para frenarlo. El fenómeno de la retardación es más grande cuanto más altas son las velocidades (varía directamente con el cuadrado de la velocidad) y con balas de diámetro mayor (superficie seccional). En medios de gran densidad la retardación se incrementa, por ejemplo, es más grande en el agua que en el aire. Cuanto más pesada es la bala menor es el rango a que se hace referencia. Estos factores de retención son importantes en la determinación de la energía cinética utilizable para producir una herida o daño a una estructura. Un proyectil que en el aire tenga una velocidad de 2100 m/s, se retarda

o frena seis veces más rápido que uno que se mueva a 30 m/s. De igual manera, un proyectil que se mueva a 900 m/s de velocidad, se retarda casi tres veces más rápido que otro que se desplace a 300 m/s.

### **l) Giro sobre el eje transversal.**

La tendencia al giro sobre el eje transversal de un proyectil se magnifica cuando dicho elemento abandona un medio para moverse en otro, por ejemplo, del aire a un músculo; de un músculo al hueso de un órgano interno, etcétera.

### **m) Desviación lateral respecto de la línea regular de vuelo.**

Esta desviación está referida al ángulo conformado por la dirección del movimiento de un proyectil y el eje longitudinal del mismo, a veces llamado ángulo de desviación lateral. Este ángulo varía periódicamente pero el promedio se incrementa con el tiempo de vuelo de un elemento inestable. Relacionado con el fenómeno de desvío lateral está el factor de estabilidad, que indica la relativa capacidad del proyectil de mantener una actitud fija en vuelo, bajo condiciones dadas. El factor depende de los momentos de inercia del proyectil, de su giro y del momento de la fuerza aerodinámica respecto del centro de gravedad. Una condición necesaria pero no suficiente para la estabilidad es que el factor de estabilidad sea mayor que la unidad o negativo. Este factor es llamado, a veces, coeficiente de estabilidad giroscópica.

### **n) Alcance del proyectil.**

Los cálculos teóricos balísticos a menudo consideran que el proyectil se desplaza en el vacío. Bajo esta condición, el alcance máximo se logra cuando el arma forma 45 grados con la horizontal. El alcance variará entonces directa y únicamente con la velocidad inicial.

### **ñ) Caída del proyectil.**

La caída de un proyectil en vuelo puede calcularse. Ordinariamente, tales cálculos no son necesarios, salvo que se esté probando con disparos experimentales. En estas operaciones matemáticas se presupone que el proyectil alcance la mitad del recorrido en la mitad del tiempo de vuelo; asimismo, se considera que en todo momento en la trayectoria el elemento está cayendo hacia el centro de la Tierra. Cuando se emplea este cálculo, sólo es válido para distancias cortas (un máximo de 270 metros). La cantidad de caída determinará cuánta



elevación se necesita para acertar en el blanco. Las tablas de información balística corrientemente editadas por la mayoría de los fabricantes de munición incluyen distancias de la caída del proyectil, así como también altura de la trayectoria media. En ausencia de ello o en experiencias de prueba, el cálculo es muy útil.

**o) Pérdida de energía.**

La pérdida de energía cinética de un proyectil en vuelo ( $E_c = 1/2$  masa por la velocidad al cuadrado) es la resultante de diversos factores. Las ondas de aire que crea el proyectil indican la existencia de energía. La cantidad de ésta que se pierde depende de la forma y superficie de la sección de la bala. La succión y corriente en remolino producidas por el proyectil consumen energía. La forma de aquél juega un rol clave en este itinerario de pérdida de energía. Finalmente, la energía se disipa como calor proveniente de la resistencia a la fricción. Esta ruta de pérdida de calor depende de la forma y del arma y características de su superficie. Según toda probabilidad, virtualmente toda la energía perdida por un proyectil en vuelo responde a la creación de ondas de aire y a las corrientes de succión y remolino.

**p) *Proyectiles en caída libre.***

Si se dispara una bala directamente hacia arriba, debe, por supuesto, regresar finalmente a la tierra. "Lo que sube debe bajar". Si el disparo se hizo en el vacío alcanzará una altura pico (y velocidad cero) por encima de la boca del cañón, luego caerá hacia la tierra. Cuando alcance en su regreso la boca del arma, se estará moviendo a una velocidad idéntica a la de su salida hacia arriba; este valor se denomina velocidad final o terminal. Esta última le permitirá al elemento alcanzar su altura pico, pero en el procedimiento el nivel de energía caerá a cero, transformándose en energía potencial; se hace cargo entonces la aceleración de la gravedad y lo dirige hacia abajo, a razón de 9,6 m/s por cada segundo de caída. Sin embargo, en la práctica los proyectiles no caen en el vacío, lo hacen en una atmósfera que les impide la caída libre. De tal manera, en su regreso el proyectil estará afectado por el aire y comenzará a girar sobre su eje transversal, pudiéndose considerar desde el punto de vista físico que se comporta como una esfera. Resulta obvio que una bala disparada verticalmente hacia arriba regresa a la tierra con considerable capacidad de daño; no es como el agua de lluvia.

**q) *Trayectoria.***

El comportamiento de un proyectil desde que abandona el arma hasta que alcanza el blanco, está incluido en el estudio de la balística exterior (movimiento del proyectil mientras

































































































































